

зрелого возраста бег трусцой и пешие прогулки по свежему воздуху в лесопарковой зоне, купание, лыжные прогулки. Хорошо снимает психическое напряжение работа на приусадебном участке.

Физическими упражнениями необходимо заниматься всю жизнь!

Список литературы

1. Березин Ф. Б. Психологическая и психофизиологическая адаптация человека. Л., 1988.
2. Василюк Ф. Е. Психология переживания. М., 1984.
3. Судаков К. В. Системные механизмы эмоционального стресса. М., 1981.
4. Селье Г. Очерки об адапционном синдроме. М., 1960.

МОДУЛИРОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА, ИНДУЦИРОВАННОГО БАКТЕРИАЛЬНЫМ ЛИПОПОЛИСАХАРИДОМ

*Т.Ч. Гроховская, Е.П. Лукиенко, Т.А. Пеховская, И.Л. Коваленчик,
М.А. Ельчанинова, П.М. Королёв, А.Г. Мойсеёнок
Гродно, ГУ “НПЦ “ИФБ НАНБ”, Гродненский филиал*

Нанотехнологические подходы к совершенствованию и повышению эффективности лекарственных средств активно развиваются и получили свое воплощение в разработке химиотерапевтических препаратов, соединений с высокой степенью доступности в ЦНС, антиоксидантов. В группе нанокластеров Фланаганов (на основе мономеров кремния с размером частиц 1-5 нм) детально изучен микрогидрин, который уже применен в качестве антиоксидантного средства в спортивной медицине.

Размер наночастиц является ключевым в нанотехнологиях, причем предполагается, что частицы с размером > 25 кДа (~ 5 нм) не фильтруются в почечных канальцах и длительно сохраняются в кровообращении, с другой стороны размер < 40 нм определяет их вхождение в капилляры (при воспалении – 40-600 нм).

Получены предварительные данные, что использование наночастиц с диапазоном 25-40 нм может способствовать усилению переноса (транспорта) биологически активных соединений через биомембраны и приводить к усилению или нивелированию их биологических эффектов, в особенности на фоне развития системного воспалительного эффекта. В настоящей работе изучена эффективность применения коллоидов серебра на фоне введения животным липополисахарида из клеток *Salmonella typhi*, в т.ч. в сочетании с мембранопротектором Д-пантенолом. Развитие окислительного стресса (ОС) контролировали по изучению системы глутатиона, глутамина, редокс-статуса в ткани печени, а также развитию гипертермии.

Материалы и методы. Эксперимент проведен на крысах-самках линии Wistar массой 200-220 г, содержащихся на стандартном рационе вивария. Животные в количестве 100 штук были разделены на 10 групп (n=10). Крысы 1-й группы – контрольные, получавшие внутривенно инъекцию

0,9%-ного раствора хлорида натрия в режиме, аналогичном опытным группам. Крысы опытных групп 2 раза в сут с интервалом 12 ч в течение 2-х сут получали внутривентриально инъекции препаратов: 2-я и 6-я группы – пантенол (ПЛ) в однократной дозе 100 мг/кг массы тела; 3-я и 7-я группы – коллоиды серебра с размером частиц 9 нм (Ag1) в концентрации 5,3 нмоль/л (боргидридный золь) в однократном объеме 0,5 мл; 4-я и 8-я группы – коллоиды серебра с размером частиц 35 нм (Ag2) в концентрации 1,7 нмоль/л (цитратный золь) в однократном объеме 0,5 мл; 9-я группа – Ag1 + ПЛ (однократная доза 100 мг/кг массы тела); 10-я группа – Ag2 + ПЛ (однократная доза 100 мг/кг массы тела). С целью развития ОС и эндотоксикоза животным 5-й группы, а также крысам 6-й–10-й групп, получавшим предварительно ПЛ и/или коллоиды серебра, внутривентриально вводили бактериальный липополисахарид (ЛПС) в форме препарата “Пирогенал” (“Медгамал”, Россия) в дозе 5,0 мкг/кг массы тела за 2 ч до забоя. Коллоиды наночастиц серебра были получены методом эрозивно-взрывного диспергирования биоцидных и биогенных металлов на кафедре физики Гродненского государственного университета им. Я. Купалы.

В образцах ткани печени исследованы показатели ОС: уровень малонового диальдегида (МДА), активность глутатионредуктазы (ГР), глутатион-S-трансферазы (ГТ), глутатионпероксидазы (ГПО) H_2O_2 - и t-BOOH-метаболизирующих, уровень белковых и небелковых, сульфгидрильных групп, редокс-статус белков клетки, а также активность глюкозо-6-фосфат дегидрогеназы (Г-6-Ф Дг), ферментов системы глутамината: глутаминсинтетаза, фосфат-зависимая (ФЗГ) и фосфат-независимая (ФНГ) глутаминатазы, глутаматдегидрогеназа (ГлДг) в прямой и обратной реакциях.

Результаты и их обсуждение. Исследование биоэффективности ПЛ после его 4-кратного внутривентриального введения крысам выявило снижение активности ГР, Г-6-Ф Дг, падение уровня низкомолекулярных, белковых, общих SH-групп, редокс-статуса белков и повышение количества дисульфидных структур в печени. Действие наночастиц реализовалось через снижение активности ГР, Г-6-Ф Дг, уровня МДА (в случае Ag1), белковых, общих SH-групп, редокс-потенциала и повышение содержания небелковых и дисульфидных групп в белках. Введение крысам ЛПС привело к развитию гипертермии и изменению показателей ОС в печени: повышению уровня МДА, снижению активности ГР, уровня белковых, общих SH-групп (нмоль/мг белка) и редокс-статуса на фоне повышения количества небелковых (в расчете на г ткани) и сульфгидрильных форм белков. Отмечен рост активности Г-6-Ф Дг. Применение ЛПС после назначения крысам ПЛ снижало активность ГР, Г-6-Ф Дг, уровень низкомолекулярных, белковых, общих SH-групп и редокс-статус в белках. Отмечено сходство эффектов ЛПС на фоне введения коллоидов серебра, заключающихся в падении активности ГР, Г-6-Ф Дг (в случае Ag1, но не Ag2), повышении уровня низкомолекулярных, дисульфидных групп (в случае Ag1) и падении белковых, общих структур и редокс-статуса белков. Сочетанное применение ПЛ и коллоидов серебра не предупреждало действие ЛПС и сопровождалось падением активности ГР, Г-6-Ф Дг, уровня белковых, общих SH-структур, редокс-

потенциала и повышением количества низкомолекулярных структур (при сочетании с Ag1) в белках.

Изменение в системе глутамина в печени при введении животным ПЛ сопровождалось снижением активности ФЗГ, при этом повышение активности ГлДг (в реакции с глутаматом) компенсировалось падением активности фермента в реакции с α -кетоглутаратом. Введение животным коллоидов серебра характеризовалось однонаправленностью эффектов, а, именно, снижением активности ФНГ (и ФЗГ – в случае Ag2), ГлДг в обратной реакции и повышением активности фермента в прямой реакции. Действие ЛПС на систему глутамина в печени реализовалось через снижение активности ФНГ и активацию ГлДг (в реакции с глутаматом), что указывает на накопление глутамата в гепатоцитах. Введение ПЛ и Ag1 не предупреждало эффекты ЛПС. Назначение ЛПС на фоне сочетанного применения Ag1 и ПЛ приводило к активации глутаминаз и прямой реакции ГлДг при одновременном снижении активности фермента в обратной реакции. В случае введения ЛПС на фоне Ag2 активность ФНГ сохранялась на уровне контрольных значений, тогда как активность ГлДг в реакции с глутаматом повышалась в 2 раза относительно контроля. Действие ЛПС после сочетанного введения Ag2 и ПЛ приводило к снижению активности ГС, ФЗГ и обратной реакции ГлДг и выраженной активации ГлДг в прямой реакции.

При назначении ЛПС активность ГТ возрастала, а H_2O_2 -метаболизирующей ГПО снижалась. Предшествующее введение наночастиц серебра ослабляло указанный эффект (более выраженный в случае Ag2). Восстановление (в случае Ag1) или выраженная стимуляция (в случае Ag2) активности ГПО наблюдалась при сочетанном введении ПЛ, наночастиц и ЛПС. Следовательно, выраженность изменений, обусловленных ОС, зависела от размера использованных в эксперименте коллоидов серебра, что предполагало их различную динамику в сосудистой системе.

Заключение. Таким образом, четырехкратное внутрибрюшинное введение животным коллоидов серебра приводило к снижению антиоксидантного потенциала системы глутатиона, падению редокс-статуса белковых структур и НАДФН-регенерирующей системы в печени, сопровождавшееся падением активности фосфат-независимой глутаминазы и ростом активности прямой реакции глутаматдегидрогеназы, свидетельствующих о накоплении глутамата. Эти изменения были также характерны для крыс, получавших ЛПС.

Назначение животным наночастиц серебра совместно с ЛПС в целом не потенцировало изменений в системе глутатиона, за исключением усугубления активности глутатионредуктазы и снижения активности глутаматдегидрогеназы (обратная реакция). При этом отмечен эффект сочетанного введения коллоидов серебра размером частиц 35 нм и ЛПС на глутатионпероксидазу, глюкозо-6-фосфат дегидрогеназу и фосфат-независимую глутаминазу.

Сочетанное введение наночастиц и мембранопротектора Д-пантенола, не предупреждало вышеотмеченных изменений в системе глутатиона и редокс-статусе белков, однако приводило к снижению активности глутамин-

синтетазы, фосфат-зависимой глутаминазы и глутаматдегидрогеназы (обратная реакция) в случае назначения коллоидов серебра размером частиц 35 нм и пантенола и особенно выраженной активации прямой глутаматдегидрогеназы и H₂O₂-метаболизирующей глутатионпероксидазы.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СТРЕСС НА ВЕРХОВОМ БОЛОТЕ

А.Н. Дударев

Витебск, УО «ВГУ им. П.М. Машерова»

На территории Беларуси среди многих биогеоценозов верховые болота выделяются своеобразными экологическими факторами, которые в значительной степени влияют на формирование специфических сообществ живых организмов. Наибольшее распространение верховые болота получили в Белорусском Поозерье (области валдайского оледенения), где занимают около 5% площади, что составляет примерно третью часть олиготрофных торфяников страны [1].

Верховое болото – экосистема с бедным минеральным питанием (зольность верхнего слоя составляет менее 4%). Формируется в условиях застаивания поверхностных вод на плоских понижениях водоразделов, подстилаемых водонепроницаемыми породами. Исследования проводились в различных типах наземных и водных объектов: небольших по размеру мочажинах, озерах, грядах и т.д.

Как известно, болотные системы в естественных условиях весьма устойчивы. К обитанию в экстремальных условиях верховых болот приспособлено ограниченное число стенобионтных видов, однако, как и вся экосистема в целом, и они могут находиться в состоянии экологических стрессов: естественных (пожары) и антропогенных (мелиорация) [5].

Почти на всех массивах верховых болот в большей или меньшей степени заметны следы пожаров. Пожары являются немаловажным фактором трансформации болотных систем. В результате выгорания растительности болото обогащается минеральными веществами, снижается кислотность и влагоёмкость верхнего слоя торфа. Возобновление растительности, характерной для верхового болота, происходит крайне медленно через ряд промежуточных демулационных комплексов [1, 3]. Уже на ранних стадиях сукцессии проявляется эдификаторная деятельность березы. На свежих гаях наблюдается резкое снижение проективного покрытия кустарничков и сфагновых мхов, в результате выгорания которых уничтожаются местообитания большинства видов животных [6]. Такая же тенденция установлена и в других экосистемах [7]. Вследствие пожара происходит общее высыхание верхних горизонтов почвы, энергичное распространение кукушкина льна **Polytrichum strictum** и вереска обыкновенного *Calluna vulgaris*, и, в связи с этим, увеличение ассоциированных с ними видов насекомых на последующие десятилетия [2].

Основным направлением использования болотных массивов и, соответственно, видом воздействия является добыча торфа, вызывающая изменение не только динамических системообразующих компонентов (расти-